

装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明による第1の移動通信システムは、受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスタイミングを検出するマルチパスタイミング検出手段を含む無線装置からなる移動通信システムであって、

前記マルチパスタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスタイミングに基づいて伝送路ベクターを推定する伝送路ベクター推定手段と、前記伝送路ベクター推定手段で推定された伝送路ベクターを前記マルチパスタイミングにしたがって予め設定された方法で並べて伝送路行列を生成する伝送路行列生成手段と、前記伝送路行列生成手段で生成された伝送路行列を用いてフィルタウェイトを計算するウェイト計算手段と、前記ウェイト計算手段で計算されたフィルタウェイトを用いて前記受信信号を等化する等化器とを無線装置に備え、

前記伝送路ベクター推定手段は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを推定し、

前記伝送路行列生成部は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを用いて前記伝送路行列を生成する。

[0016] 本発明による第2の移動通信システムは、受信信号を等化する等化器を持つ無線装置からなる第1の移動通信システムであって、

前記受信信号から伝送路状態を推定する伝送路状態推定手段と、前記伝送路状態推定手段で推定された伝送路状態に応じて前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号に対する等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に備えている。

[0017] 本発明による第3の移動通信システムは、受信信号を等化する等化器と、前記受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスタイミングを検出するマルチパスタイミング検出手段とを含む無線装置からなる第1または第2の移動通信システムであって、

前記マルチパスタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスタイミングからマルチパス状態を基に前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させ

て前記受信信号を等化しつつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号に対する等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に備えている。

[0018] 本発明による第4の移動通信システムは、受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスタイミングを検出するマルチパスタイミング検出手段を含みかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置からなる移動通信システムであって、

前記マルチパスタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスタイミングに基づいて伝送路ベクターを推定する伝送路ベクター推定手段と、前記伝送路ベクター推定手段で推定された伝送路ベクターを前記マルチパスタイミングにしたがって予め設定された方法で並べて伝送路行列を生成する伝送路行列生成手段と、前記伝送路行列生成手段で生成された伝送路行列を用いてフィルタウェイトを計算するウェイト計算手段と、前記ウェイト計算手段で計算されたフィルタウェイトを用いて前記受信信号を等化する等化器と、前記マルチパスタイミング検出手段で検出されたマルチパスタイミングにしたがって通常受信を行うフィンガレイク手段とを前記無線装置に備え、

前記伝送路ベクター推定手段は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを推定し、

前記伝送路行列生成手段は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを用いて前記伝送路行列を生成する。

[0019] 本発明による第5の移動通信システムは、受信信号を等化する等化器を持ちかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置からなる第4の移動通信システムであって、

前記受信信号から伝送路状態を推定する伝送路状態推定手段と、前記伝送路状態推定手段で推定された伝送路状態に応じて前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しつつ前記判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に備えている。

[0020] 本発明による第6の移動通信システムは、受信信号を等化する等化器と、前記受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスのタイミングを検出するマルチパスタイミング検出手段とを含みかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置からなる第4または第5の移動通信システムであって、

前記マルチパスタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスタイミングからマルチパス状態を基に前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に備えている。

[0021] 本発明による第7の移動通信システムは、受信信号を等化する等化器を含みかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置からなる第4から第6のうちいずれかの移動通信システムであって、

少なくとも多重されるコード数が一定値以上である伝送状態を基準として前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に備えている。

[0022] 本発明による第1の無線装置は、受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスタイミングを検出するマルチパスタイミング検出手段を含む無線装置であって、

前記マルチパスタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスタイミングに基づいて伝送路ベクターを推定する伝送路ベクター推定手段と、前記伝送路ベクター推定手段で推定された伝送路ベクターを前記マルチパスタイミングにしたがって予め設定された方法で並べて伝送路行列を生成する伝送路行列生成手段と、前記伝送路行列生成手段で生成された伝送路行列を用いてフィルタウェイトを計算するウェイト計算手段と、前記ウェイト計算手段で計算されたフィルタウェイトを用いて前記受信信号を等化する等化器とを備え、

前記伝送路ベクター推定手段は、前記複数のマルチパスタイミングの伝

送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを推定し、

前記伝送路行列生成部は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを用いて前記伝送路行列を生成する。

[0023] 本発明による第2の無線装置は、受信信号を等化する等化器を持つ第1の無線装置であって、

前記受信信号から伝送路状態を推定する伝送路状態推定手段と、前記伝送路状態推定手段で推定された伝送路状態に応じて前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号に対する等化を抑止する選択手段とを備えている。

[0024] 本発明による第3の無線装置は、受信信号を等化する等化器と、前記受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスタイミングを検出するマルチパスタイミング検出手段とを含む第1または第2の無線装置であって、

前記マルチパスタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスタイミングからマルチパス状態を基に前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号に対する等化を抑止する選択手段とを備えている。

[0025] 本発明による第4の無線装置は、受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスタイミングを検出するマルチパスタイミング検出手段を含みかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置であって、

前記マルチパスタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスタイミングに基づいて伝送路ベクターを推定する伝送路ベクター推定手段と、前記伝送路ベクター推定手段で推定された伝送路ベクターを前記マルチパスタイミングにしたがって予め設定された方法で並べて伝送路行列を生成する伝送路行列生成手段と、前記伝送路行列生成手段で生成された伝送路行列を用いてフィルタウェイトを計算するウェイト計算手段と、前記ウェイト計算手段で計算されたフィルタウェイトを用いて前記受

信信号を等化する等化器と、前記マルチパスマルチタイミング検出手段で検出されたマルチパスマルチタイミングにしたがって通常受信を行うフィンガレイク手段とを備え、

前記伝送路ベクター推定手段は、前記複数のマルチパスマルチタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスマルチタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを推定し、

前記伝送路行列生成手段は、前記複数のマルチパスマルチタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスマルチタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを用いて前記伝送路行列を生成する。

[0026] 本発明による第5の無線装置は、受信信号を等化する等化器を含みかつ CDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う第4の無線装置であって、

前記受信信号から伝送路状態を推定する伝送路状態推定手段と、前記伝送路状態推定手段で推定された伝送路状態に応じて前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを備えている。

[0027] 本発明による第6の無線装置は、受信信号を等化する等化器と、前記受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスマルチタイミングを検出するマルチパスマルチタイミング検出手段とを含みかつ CDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う第4または第5の無線装置であって、

前記複数のマルチパスマルチタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスマルチタイミングからマルチパス状態を基に前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを備えている。

[0028] 本発明による第7の無線装置は、受信信号を等化する等化器を含みかつ CDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う第4から第6のうちいずれかの無線装置であって、

少なくとも多重されるコード数が一定値以上である伝送状態を基準と

して前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しつつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを備えている。

[0029] すなわち、本発明の第1の移動通信システムは、複数のマルチパスマッチングを検出するマルチパスマッチング検出手段と、そのマルチパスマッチングにしたがって伝送路特性を推定して等化器の伝送路行列生成に用いる伝送路行列生成手段と、その行列を用いて等化フィルタのウェイトを計算するウェイト計算手段とを有している。上記の伝送路行列生成手段はマルチパスマッチングの伝送路だけでなく、その位置の近傍の伝送路も用いている。

[0030] 本発明の第2の移動通信システムは、受信信号の状態を、信号対干渉電力比推定〔以下、SIR (Signal to Interference power Ratio) 推定とする〕、信号対雑音電力比推定〔以降、SNR (Signal to Noise power Ratio) 推定とする〕、信号対雑音干渉電力比推定、マルチパス数推定、マルチパス間隔推定、遅延分散推定のうちの少なくともいずれか一つを行う伝送路推定手段と、推定値が予め設定されたスレッショルド値以上か否か等によって等化器が必要か否かを判定する判定手段と、等化器が必要な伝送路において等化器を動作させて受信信号が等化フィルタを通過するようにし、等化器が必要な伝送路において受信信号が等化フィルタを迂回するようにして、それとともに等化器の動作停止を行う選択手段とを有している。

[0031] 本発明の第3の移動通信システムは、マルチパスマッチング検出手段が出力する複数のマルチパスマッチングからその数及び間隔を予め設定されたスレッショルド値と比較することで、等化器に向いた伝送路状態かどうかを判断する伝送路判定手段と、その判断にしたがって等化器動作に適さない伝送路の場合に等化器の動作を止める選択手段とを有している。

[0032] 本発明の第4の移動通信システムは、通信方式がCDMA (Code Division Multiple Access: 符号分割多重アクセス方式) であり、通常受信のためのフィンガレイク受信手段及び等化受信のための等化手段の両方に複数のマルチパスマッチングを与えるマルチパスマッチング検出手段と、これら等化手段とフィンガレイク受信手段とを選択的に用いる選択手段とを有している。

[0033] 本発明の第5の移動通信システムは、複数のマルチパスマッチングを検

出するマルチパスタイミング検出手段と、そのマルチパスタイミングの伝送路特性を推定して等化器の伝送路行列生成に用い、ウェイト計算手段はその行列を用いて等化フィルタのウェイトを計算する伝送路行列生成手段とを有している。伝送路行列生成手段は、マルチパスタイミングの伝送路だけでなく、そのタイミングの近傍の伝送路も用いている。

- [0034] 本発明の第6の移動通信システムは、通信方式がCDMAであり、フィンガレイク受信において用いられるフィンガにタイミングを与えるマルチパスタイミング検出手段と、受信信号の状態をSIR検出等で検出する検出判定手段と、SIRが任意のスレッシュルド値以上の場合に等化器を有効にし、スレッシュルド値以下の場合に等化器を止めてフィンガレイク受信を有効にする選択手段とを有している。
- [0035] 本発明の第7の移動通信システムは、受信信号の状態をSIR推定、SNR推定、信号対雑音干渉電力比推定、マルチパス数推定、マルチパス間隔推定、遅延分散推定等を行う伝送路推定手段と、推定値が予め設定されたスレッシュルド値以上か否か等によって等化器が必要か否かを判定する判定手段と、等化器が必要な伝送路において等化器を動作させて受信信号が等化フィルタを通過するようにし、不要な伝送路において受信信号が等化フィルタを迂回するようにし、それとともに等化器の動作停止を行う選択手段とを有している。
- [0036] 本発明の第8の移動通信システムは、マルチパスタイミング検出手段が outputする複数のマルチパスタイミングからその数及び間隔を予め設定されたスレッシュルド値と比較することで等化器に向いた伝送路状態かどうかを判断する伝送路判定手段と、その判断にしたがって等化器の動作に適さない伝送路の場合に等化器の動作を止める選択手段とを有している。
- [0037] 本発明の第9の移動通信システムは、通信方式がCDMAであり、通常受信のためのフィンガレイク受信手段及び等化受信のための等化手段の両方に複数のマルチパスタイミングを与えておりマルチパスタイミング検出手段と、これら等化手段とフィンガレイク受信手段とを選択的に用いる選択手段とを有している。
- [0038] これによって、本発明の移動通信システムは、等化器の計算にマルチパスタイミングを用いることで等化ウェイトの計算量そのものを減らせるため、少ない計算量で特性を改善することが可能となる。
- [0039] また、本発明の移動通信システムは、CDMAの場合、通常受信のフィンガレイクと等化器とで同じマルチパスタイミング検出部を使うため、小さい回路規模で特性を改善することが可能となる。
- [0040] さらに、本発明の移動通信システムは、伝送路状態推定部と、判定部と

、伝送路判定部と、選択部とによって伝送路の状態を判定し、ノイズもしくは未知の妨害波の大

きな伝送路、マルチパス干渉の影響の小さな伝送路のような等化による効果の少ない伝送路において等化器の動作を止めるため、効果の少ない計算量を削減することが可能となる。

[0041] さらにまた、本発明の移動通信システムは、伝送路状態推定部と、判定部と、伝送路判定部と、選択部とによって伝送路の状態を判定し、等化器によって特性の劣化する可能性のある伝送路、ノイズもしくは未知の妨害波の大きな伝送路、マルチパス干渉の影響の小さな伝送路のような等化による効果の少ない伝送路において等化器を有効にしないため、等化器による特性の劣化を削減することが可能となる。

発明の効果

[0042] 本発明は、以下に述べるような構成及び動作とすることで、小さい回路規模または小さい消費電力で受信特性を改善することができるという効果が得られる。

発明を実施するための最良の形態

[0043] 次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図2は本発明の第1の実施例による移動通信システムの構成を示すブロック図である。図2において、本発明の第1の実施例による移動通信システムは基地局1と移動局2とからなり、基地局1及び移動局2は伝送路100を介して相互に通信を行っている。

[0044] 基地局1はチャネル符号化部11と、基地局変調部12と、基地局送信部13と、基地局送信アンテナ14と、基地局受信アンテナ15と、基地局受信部16と、基地局マルチパスタイミング検出部17と、等化器18と、基地局復調部19と、基地局チャネル復号部20とから構成されている。

[0045] 移動局2は移動局受信アンテナ21と、移動局受信部22と、移動局マルチパスタイミング検出部23と、等化器24と、移動局復調部25と、移動局チャネル復号部26と、スピーカ27と、表示部28と、マイク29と、入力端末30と、移動局チャネル符号化部31と、移動局変調部32と、移動局送信部33と、移動局送信アンテナ34とから構成されている。

[0046] 基地局マルチパスタイミング検出部17及び移動局マルチパスタイミング検出部23は基地局受信部16及び移動局受信部22の出力信号から既知のパイロット信号を用いてマルチパスタイミングを検出する。また、等化器18、24は基地局1と移動局2とに

[0053] 図5は本発明の一実施例における伝送路行列の生成方法を説明するための模式図である。これら図2～図5を参照して本発明の第1の実施例による移動通信システムの動作について説明する。

[0054] 本実施例はCDMAに限らないので、基地局変調部12、移動局変調部32、基地局復調部19、移動局復調部25は、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)、QAM (Quadrature Amplitude Modulation)、FSK (Frequency Shift Keying)、GMSK (Gaussian filtered Minimum Shift Keying)、拡散変調等の変調及び復調を行う。

[0055] 基地局受信部16、移動局受信部22からの受信信号は、基地局マルチパスタイミング検出部17、移動局マルチパスタイミング検出部23にて既知のパイロット信号を用いてマルチパスタイミングが検出され、そのマルチパスタイミングを用いて等化器18、24で受信特性を改善するために伝送路100の影響が排除され、基地局復調部19、移動局復調部25にてQPSK復調、QAM復調、FSK復調、GMSK復調、拡散復調等の復調処理が行われ、基地局チャネル復号部20、移動局チャネル復号部26に送られる。

[0056] 基地局マルチパスタイミング検出部17、移動局マルチパスタイミング検出部23はそれぞれ既知のパイロット信号の複素共役を受信信号に掛け、平均化等を行うことによって、タイミングと電力もしくは振幅情報で表されるディレイプロファイルを描き、そのディレイプロファイルから伝送路100の影響であるマルチパスタイミングを検出する。

[0057] その検出の際、パラメータとして検出する最大マルチパス数や、検出しようとするマルチパスの最大パスからの小ささや、検出マルチパス間隔や、先回検出したマルチパスタイミングかどうかによって、前方保護、後方保護等の制約を加えることがある。

[0058] 図5(a), (b)に示す例では、ディレイプロファイルが大きな最初のタイミングt0をマルチパスタイミングとして検出し、一定の検出パス間隔を保つためにt0周辺のタイミングをマスクし、次に大きいt1を検出している。

[0059] このような機能は、CDMAのマルチパスタイミング検出部等で、パス間隔を規定せずに近傍サイドローブをフィンガレイク部に割り当ててしまうと、レイク合成後の特性が劣化し、また限られた数のフィンガが有効にマルチパスに割り当てられないために設

けられる。マルチパスタイミングとは上記のようにして検出する複数のパスのそれぞれのタイミング情報である。

[0060] 伝送路ベクター推定部181は、図5(a)に示すように、基地局マルチパスタイミング検出部17から送られてきたマルチパスタイミング t_0, t_1 のタイミングで、基地局受信部16、移動局受信部22からの信号に既知のパイロット信号の複素共役を掛け平均化する(CDMAの場合にはパイロット信号を逆拡散して平均化する)ことによって伝送路ベクター h_0, h_1 を推定する。

[0061] 一方、ノイズ推定部182は入力信号の電力と、平均化前後の伝送路ベクターの電力の差や比を用いて雑音を推定する。伝送路行列生成部183は、図5(c)に示すように、推定した伝送路ベクター h_0, h_1 を、パス位置情報 t_0, t_1 [秒]とタップ間隔 T_{tap} [秒]とから計算される Δn に従って並べ、伝送路行列 H を生成する。

[0062] ウェイト計算部184はノイズ推定値と伝送路行列とから、

$$W = (H^H H + \sigma^2 I)^{-1} H^H$$

という式の計算によってウェイト行列 W を計算し、ウェイト行列 W の中心の行等、ウェイト行列 W の中のベクターを抜き出すことによって求められるフィルターウェイトベクターを、等化フィルタ185に設定する。ここで、 σ^2 はノイズであり、 I は単位行列である。

[0063] 上記の計算式は、MMSE(最小自乗平均誤差法: Minimum Mean Square Error)によって、マルチパス干渉を除去するように等化フィルタ185のウェイトを計算する式である。この式については、「HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)におけるマルチパス干渉キャンセラとチップ等化器の特性比較」(電子通信学会 信学技報 RCS2001-237)(文献1)等に詳述されている。

[0064] 次に、図5(b), (d)を用いて、伝送路行列生成部183がマルチパスタイミングの近傍の伝送路ベクターも用いる例を示す。1つのマルチパスタイミングに対して何個の伝送路ベクターを用いるかをパラメータ N_{ca} で表す。上述した図5(a)に示す例では、マルチパスタイミングのパス1つにつき、伝送路ベクターが一つであり、これを $N_{ca}=1$ と表す。

[0065] 続いて、1つのマルチパスタイミングに対して3個の伝送路ベクターを用いる $N_{ca}=3$ の場合について説明する。伝送路ベクター推定部181はマルチパスタイミング t_0 に

対して、 T_{tap} 離れの3つの伝送路ベクター h_{0-} , h_0 , h_{0+} を推定する。伝送路ベクター推定部181はマルチパスマッチング t_1 に対しても、上記と同様に、 T_{tap} 離れの3つの伝送路ベクター h_{1-} , h_1 , h_{1+} を推定する【図5（b）参照】。

[0066] 伝送路行列生成部183は、伝送路ベクター h_0 と伝送路ベクター h_1 との間隔 Δn を保って、図5（d）に示すように配置し、伝送路行列Hを生成する。

[0067] また、1つのマルチパスマッチングに対して5個の伝送路ベクターを用いる $N_{ca}=5$ の場合の伝送路行列の例を図5（e）に示す。各マルチパスマッチング t_0 , t_1 に対して、 T_{tap} 離れの5つずつの伝送路ベクター h_{0-2} , h_{0-} , h_0 , h_{0+} , h_{0+2} , h_{1-2} , h_{1-} , h_1 , h_{1+} , h_{1+2} を推定するところが、この例では、伝送路ベクター h_0 と伝送路ベクター h_1 との間は $4 \times T_{tap}$ [秒] しか離れていないため、伝送路ベクター h_0+2 のパス位置と伝送路ベクター h_{1-2} のパス位置とが等しくなり、オーバラップするので、片方の値を用いれば良い。ここでは、伝送路ベクター h_{0+2} のみを求めている。

[0068] 図6は本発明の第2の実施例による移動通信システムの構成を示すブロック図である。図6において、本発明の第2の実施例による移動通信システムは基地局5内に、基地局マルチパスマッチング検出部17、等化器18、基地局復調部19の代わりに等化部51を設け、移動局6内に、移動局マルチパスマッチング検出部23、等化器24、移動局復調部25の代わりに等化部61を設けた以外は図2に示す本発明の第1の実施例による移動通信システムと同様の構成となっており、同一構成要素には同一符号を付してある。

[0069] 図7は図6の等化部51の構成を示すブロック図である。図7において、等化部51はマルチパスマッチング検出部511と、等化器512と、合成前伝送路状態推定部513と、判定部514と、選択部515, 516と、復調部517とから構成されている。尚、図7中の点線矢印は制御信号を表しており、移動局6の等化部61は上記の等化部51と同様の構成となっている。

[0070] マルチパスマッチング検出部511は既知のパイロット信号を用いて受信信号からマルチパスマッチングを検出し、そのマルチパスマッチングを等化器512及び合成前伝送路状態推定部513に与える。等化器512はマルチパスマッチングを用いて受信信号から伝送路100の影響を排除する動作を行う。

ミングとして t_0, t_1, t_2, t_3 が送られる。マルチパス間隔 $\Delta t_1, \Delta t_2$ はスレッシュホールド値より大きいが、 Δt_3 はスレッシュホールド値として定めた間隔より小さいため、 t_2 と t_3 とのパスの間でのマルチパス干渉が起きやすいと判定することができる。

[0078] 伝送路判定部 523 はマルチパス干渉が起きやすく、等化器 522 の効果が大きい伝送路状態でのみ、選択部 524, 525 を用いて等化器 522 を有効にすることによって、効果のある伝送路では等化器の効果を得ることができ、また効果が期待できない伝送路の時には、等化器 522 の無駄な動作による消費電力を抑えることができる。

[0079] 図 9 は本発明の第 4 の実施例による等化部 53 の構成を示すブロック図である。本発明の第 4 の実施例による移動通信システムは等化部 51 の代わりに等化部 53 を配置し、CDMA を用いた無線システムとした以外は図 6 に示す本発明の第 2 の実施例による移動通信システムと同様の構成となっている。

[0080] 図 9において、等化部 53 はマルチパスタイミング検出部 531 と、等化器 532 と、逆拡散部 533 と、フィンガレイク部 534 と、合成前伝送路状態推定部 535 と、判定部 536 と、選択部 537, 538 とから構成されている。尚、図 9 中の点線矢印は制御信号を表しており、本発明の第 4 の実施例による移動局の等化部（図示せず）は上記の等化部 53 と同様の構成となっている。

[0081] マルチパスタイミング検出部 531 は既知のパイロット信号を用いて基地局受信部 16 の出力信号からマルチパスタイミングを検出し、検出したマルチパスタイミングを等化受信のための等化器 532、もしくは通常受信のためのフィンガレイク部 534 と、合成前伝送路状態推定部 535 とに与える。

[0082] 等化器 532 はマルチパスタイミングを用いて受信信号から伝送路の影響を排除する動作を行い、逆拡散部 533 は逆拡散を行う。また、フィンガレイク部 534 は複数のフィンガとレイクとで構成され、マルチパスタイミングにしたがって複数のフィンガがそれぞれ信号を逆拡散して伝送路特性を排除し、レイクが複数のフィンガ出力を合成することによってマルチパス信号合成を行う。

[0083] 合成前伝送路状態推定部 535 は伝送路状態を推定する。その推定を行うために、合成前伝送路状態推定部 535 は SIR 推定、SNR 推定、信号対雑音干渉電力比推定のうちの少なくともいずれか一つを行う。

Multiple Access)、GMSK、OFDM (Optical Frequency Division Multiplexing)、CDMA等の通信方式ではデータ信号等の他の信号(図13の202, 204, 206, 208)に時間多重されて挿入される形でパイロット信号が挿入される(図13の201, 203, 205, 207)。

[0095] また、CDMAでは、図13(c)に示すように、コード多重される。例えば、Ch1がパイロットチャネル209、Ch2が制御情報を送るためのコントロールチャネル210、Ch3、Ch4、Ch5がデータチャネル(211, 212, 213)といったようにコードチャネルが割り当てられる。この時、データチャネルの数はその時点でのユーザ数やトラフィックによって変化するので、使用するコード数が変化する。コード数判定部565はこのコード数の変化に応じて等化器562の有効、無効を制御する。

[0096] 上述した本発明の第4～第7の実施例では、マルチパスタイミング検出部の出力を、等化器でもフィンガレイク部でも共用しているため、回路規模の削減効果がある。

[0097] このように、本発明は、等化器の計算にマルチパスタイミングを用いることで、等化ウェイトの計算量そのものを減らせるため、少ない計算量で特性を改善することができる。

[0098] また、本発明は、CDMAを用いる無線システムの場合、通常受信のフィンガレイク部と等化器とで同じマルチパスタイミング検出部を使うため、小さい回路規模で特性を改善することができる。

[0099] さらに、本発明は、伝送路状態推定部、判定部、伝送路判定部、選択部によって伝送路の状態を判定し、ノイズもしくは未知の妨害波の大きな伝送路、もしくはマルチパス干渉の影響の小さな伝送路のような等化による効果の少ない伝送路において等化器の動作を止めるため、効果の少ない計算量を削減することができる。

[0100] さらにまた、本発明は、伝送路状態推定部、判定部、伝送路判定部、選択部によって伝送路の状態を判定し、等化器によって特性が劣化する可能性のある伝送路、ノイズもしくは未知の妨害波の大きな伝送路、もしくはマルチパス干渉の影響の小さな伝送路のような等化による効果の少ない伝送路でも等化器を有効にしないため、等化器による特性の劣化を削減することができる。

産業上の利用可能性

請求の範囲

[1] (補正後) 受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスマッチングを検出するマルチパスマッチング検出手段を含む無線装置からなる移動通信システムであって、

前記無線装置は、前記マルチパスマッチング検出手段で検出された前記複数のマルチパスマッチングに基づいて伝送路ベクターを推定する伝送路ベクター推定手段と、前記伝送路ベクター推定手段で推定された伝送路ベクターを前記マルチパスマッチングにしたがって予め設定された方法で並べて伝送路行列を生成する伝送路行列生成手段と、前記伝送路行列生成手段で生成された伝送路行列を用いてフィルタウェイトを計算するウェイト計算手段と、前記ウェイト計算手段で計算されたフィルタウェイトを用いて前記受信信号を等化する等化器とを有し、

前記伝送路ベクター推定手段は、前記複数のマルチパスマッチングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスマッチングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを推定し、

前記伝送路行列生成部は、前記複数のマルチパスマッチングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスマッチングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを用いて前記伝送路行列を生成することを特徴とする移動通信システム。

[2] (補正後) 前記マルチパスマッチングの近傍の所定数は、1以上の整数であることを特徴とする請求項1に記載の移動通信システム。

[3] (補正後) 前記伝送路行列生成部は、前記複数のマルチパスマッチングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスマッチングの近傍の所定数の伝送路ベクターと、0とを用いて前記伝送路行列をさらに生成することを特徴とする請求項1または2に記載の移動通信システム。

[4] (補正後) 受信信号を等化する等化器を持つ無線装置からなる移動通信システムであって、

前記受信信号から伝送路状態を推定する伝送路状態推定手段と、前記伝送路状態推定手段で推定された伝送路状態に応じて前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しつつ前記判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号に対する等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に有することを特徴とする請求項1に記載の移動通信システム。

[5] (補正後) 前記伝送路状態推定手段は、信号対干渉電力比と信号対雑音電力比と信号対雑音干渉電力比と雑音とのうちの少なくとも一つを推定し、

前記判定手段は、前記伝送路状態推定手段の推定値が予め設定された所定値より大きい場合に前記等化器による等化が必要な伝送路と判定し、前記所定値より小さい場合に前記等化器による等化が不要な伝送路と判定することを特徴とする請求項4記載の移動通信システム。

[6] (補正後) 前記伝送路状態推定手段は、マルチパス数とマルチパス間隔と遅延分散とのうちの少なくとも一つを推定し、

前記判定手段は、前記伝送路状態推定手段の推定値から前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定することを特徴とする請求項5記載の移動通信システム。

[7] (補正後) 受信信号を等化する等化器と、前記受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパステイミングを検出するマルチパステイミング検出手段とを含む無線装置からなる移動通信システムであって、

前記マルチパステイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパステイミングからマルチパス状態を基に前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しつつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号に対する等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に有することを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の移動通信システム。

[8] (補正後) 前記伝送路判定手段は、前記マルチパスが複数であるか、前記マルチパスの間隔が一定値以下であるかを基準として前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定することを特徴とする請求項7記載の移動通信システム。

[9] (補正後) 受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパステイミングを検出するマルチパステイミング検出手段を含みかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置からなる移動通信システムであって、

前記無線装置は、前記マルチパステイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパステイミングに基づいて伝送路ベクターを推定する伝送路ベクター推定手段と、前記伝送路ベクター推定手段で推定された伝送路ベクターを前記マルチパステイミングにしたがって予め設定された方法で並べて伝送路行列を

生成する伝送路行列生成手段と、前記伝送路行列生成手段で生成された伝送路行列を用いてフィルタウェイトを計算するウェイト計算手段と、前記ウェイト計算手段で計算されたフィルタウェイトを用いて前記受信信号を等化する等化器と、前記マルチパスタイミング検出手段で検出されたマルチパスタイミングにしたがって通常受信を行うフィンガレイク手段とを有し、

前記伝送路ベクター推定手段は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを推定し、

前記伝送路行列生成手段は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを用いて前記伝送路行列を生成することを特徴とする移動通信システム。

[10] (補正後) 前記マルチパスタイミングの近傍の所定数は、1以上の整数であることを特徴とする請求項9に記載の移動通信システム。

[11] (補正後) 前記伝送路行列生成部は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターと、0とを用いて前記伝送路行列をさらに生成することを特徴とする請求項9または10に記載の移動通信システム。

[12] (補正後) 受信信号を等化する等化器を持ちかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置からなる移動通信システムであって、

前記受信信号から伝送路状態を推定する伝送路状態推定手段と、前記伝送路状態推定手段で推定された伝送路状態に応じて前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しつつ前記判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に有することを特徴とする請求項9に記載の移動通信システム。

[13] (補正後) 前記伝送路状態推定手段は、信号対干渉電力比と信号対雑音電力比と信号対雑音干渉電力比と雑音とのうちの少なくとも一つを推定し、

前記判定手段は、前記伝送路状態推定手段の推定値が予め設定された所定値より大きい場合に前記等化器による等化が必要な伝送路と判定し、前記所定値より小さい場合に前記等化器による等化が不要な伝送路と判定することを特徴

とする請求項 1 2 記載の移動通信システム。

[1 4] (補正後) 前記伝送路状態推定手段は、マルチパス数とマルチパス間隔と遅延分散とのうちの少なくとも一つを推定し、

前記判定手段は、前記伝送路状態推定手段の推定値から前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定することを特徴とする請求項 1 2 記載の移動通信システム。

[1 5] (補正後) 受信信号を等化する等化器と、前記受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスのタイミングを検出するマルチパスマッチング検出手段とを含みかつ CDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置からなる移動通信システムであって、

前記マルチパスマッチング検出手段で検出された前記複数のマルチパスマッチングからマルチパス状態を基に前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に有することを特徴とする請求項 9 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の移動通信システム。

[1 6] (補正後) 受信信号を等化する等化器を含みかつ CDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置からなる移動通信システムであって、

少なくとも多重されるコード数が一定値以上である伝送状態を基準として前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを前記無線装置に有することを特徴とする請求項 9 から 1 5 のいずれか 1 項に記載の移動通信システム。

[1 7] (補正後) 受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパスマッチングを検出するマルチパスマッチング検出手段を含む無線装置であって、

前記マルチパスマッチング検出手段で検出された前記複数のマルチパスマッチングに基づいて伝送路ベクターを推定する伝送路ベクター推定手段と、前記

伝送路ベクター推定手段で推定された伝送路ベクターを前記マルチパスタイミングにしたがって予め設定された方法で並べて伝送路行列を生成する伝送路行列生成手段と、前記伝送路行列生成手段で生成された伝送路行列を用いてフィルタウェイトを計算するウェイト計算手段と、前記ウェイト計算手段で計算されたフィルタウェイトを用いて前記受信信号を等化する等化器とを有し、

前記伝送路ベクター推定手段は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを推定し、

前記伝送路行列生成部は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを用いて前記伝送路行列を生成することを特徴とする無線装置。

[18] (補正後) 前記マルチパスタイミングの近傍の所定数は、1以上の整数であることを特徴とする請求項17に記載の無線装置。

[19] (補正後) 前記伝送路行列生成部は、前記複数のマルチパスタイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパスタイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターと、0とを用いて前記伝送路行列をさらに生成することを特徴とする請求項17または18に記載の無線装置。

[20] (補正後) 受信信号を等化する等化器を持つ無線装置であつて、

前記受信信号から伝送路状態を推定する伝送路状態推定手段と、前記伝送路状態推定手段で推定された伝送路状態に応じて前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号に対する等化を抑止する選択手段とを有することを特徴とする請求項17に記載の無線装置。

[21] (補正後) 前記伝送路状態推定手段は、信号対干渉電力比と信号対雑音電力比と信号対雑音干渉電力比と雑音とのうちの少なくとも一つを推定し、

前記判定手段は、前記伝送路状態推定手段の推定値が予め設定された所定値より大きい場合に前記等化器による等化が必要な伝送路と判定し、前記所定値より小さい場合に前記等化器による等化が不要な伝送路と判定することを特徴とする請求項20記載の無線装置。

[22] (補正後) 前記伝送路状態推定手段は、マルチパス数とマルチパス間隔と遅延分散とのうちの少なくとも一つを推定し、

前記判定手段は、前記伝送路状態推定手段の推定値から前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定することを特徴とする請求項20記載の無線装置。

[23] (補正後) 受信信号を等化する等化器と、前記受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパステイミングを検出するマルチパステイミング検出手段とを含む無線装置であって、

前記マルチパステイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパステイミングからマルチパス状態を基に前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号に対する等化を抑止する選択手段とを有することを特徴とする請求項17から22のいずれか1項に記載の無線装置。

[24] (補正後) 前記伝送路判定手段は、前記マルチバスが複数であるか、前記マルチバスの間隔が一定値以下であるかを基準として前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定することを特徴とする請求項23記載の無線装置。

[25] (補正後) 受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパステイミングを検出するマルチパステイミング検出手段を含みかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置であって、

前記マルチパステイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパステイミングに基づいて伝送路ベクターを推定する伝送路ベクター推定手段と、前記伝送路ベクター推定手段で推定された伝送路ベクターを前記マルチパステイミングにしたがって予め設定された方法で並べて伝送路行列を生成する伝送路行列生成手段と、前記伝送路行列生成手段で生成された伝送路行列を用いてフィルタウェイトを計算するウェイト計算手段と、前記ウェイト計算手段で計算されたフィルタウェイトを用いて前記受信信号を等化する等化器と、前記マルチパステイミング検出手段で検出されたマルチパステイミングにしたがって通常受信を行うフィンガレイク手段とを有し、

前記伝送路ベクター推定手段は、前記複数のマルチパステイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパステイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを推定し、

前記伝送路行列生成手段は、前記複数のマルチパステイミングの伝送路ベク

ターと、各々の前記マルチパステイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターとを用いて前記伝送路行列を生成することを特徴とする無線装置。

[26] (補正後) 前記マルチパステイミングの近傍の所定数は、1以上の整数であることを特徴とする請求項25に記載の無線装置。

[27] (補正後) 前記伝送路行列生成部は、前記複数のマルチパステイミングの伝送路ベクターと、各々の前記マルチパステイミングの近傍の所定数の伝送路ベクターと、0とを用いて前記伝送路行列をさらに生成することを特徴とする請求項25または26に記載の無線装置。

[28] (補正後) 受信信号を等化する等化器を含みかつCDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置であつて、

前記受信信号から伝送路状態を推定する伝送路状態推定手段と、前記伝送路状態推定手段で推定された伝送路状態に応じて前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しかつ前記判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを有することを特徴とする請求項25に記載の無線装置。

[29] (追加) 前記伝送路状態推定手段は、信号対干渉電力比と信号対雑音電力比と信号対雑音干渉電力比と雑音とのうちの少なくとも一つを推定し、

前記判定手段は、前記伝送路状態推定手段の推定値が予め設定された所定値より大きい場合に前記等化器による等化が必要な伝送路と判定し、前記所定値より小さい場合に前記等化器による等化が不要な伝送路と判定することを特徴とする請求項28記載の無線装置。

[30] (追加) 前記伝送路状態推定手段は、マルチパス数とマルチパス間隔と遅延分散とのうちの少なくとも一つを推定し、

前記判定手段は、前記伝送路状態推定手段の推定値から前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定することを特徴とする請求項25記載の無線装置。

[31] (追加) 受信信号を等化する等化器と、前記受信信号から既知の信号を用いて複数のマルチパステイミングを検出するマルチパステイミング検出手段とを含みかつCDMA (Code Division Multiple Acc

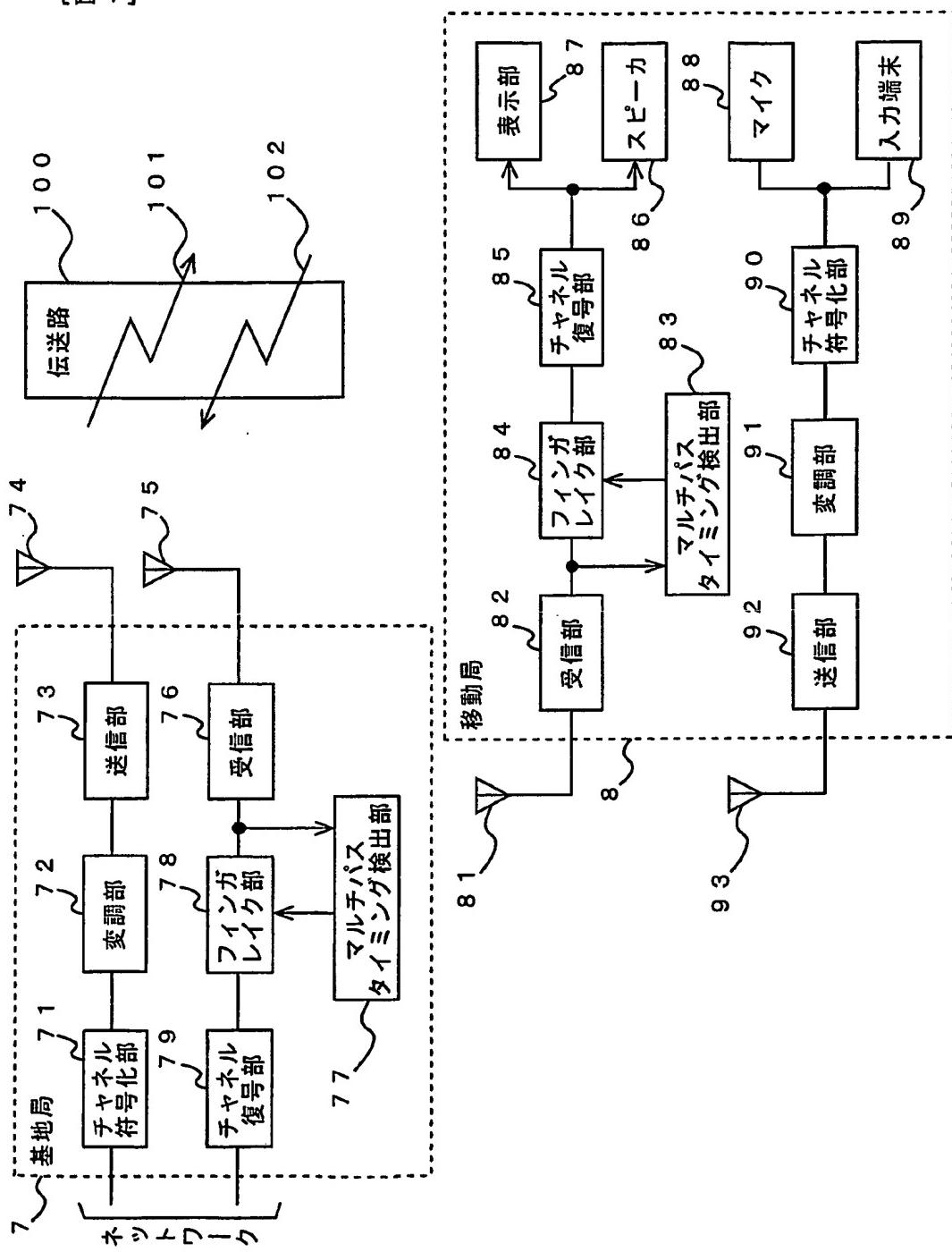
ess) にて通信を行う無線装置であって、

前記複数のマルチパスタイミング検出手段で検出された前記複数のマルチパスタイミングからマルチパス状態を基に前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しつつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを有することを特徴とする請求項 25 から 30 のいずれか 1 項に記載の無線装置。

[32] (追加) 受信信号を等化する等化器を含みかつ CDMA (Code Division Multiple Access) にて通信を行う無線装置であって、

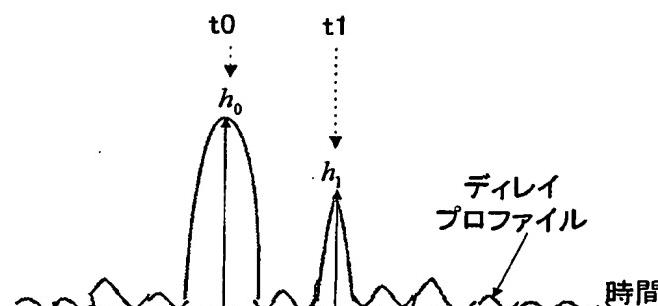
少なくとも多重されるコード数が一定値以上である伝送状態を基準として前記等化器による等化が必要な伝送路か否かを判定する伝送路判定手段と、前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が必要な伝送路と判定された時に前記等化器を動作させて前記受信信号を等化しつつ前記伝送路判定手段で前記等化器による等化が不要な伝送路と判定された時に前記受信信号がフィンガレイク手段を通過するようにして前記等化器による等化を抑止する選択手段とを有することを特徴とする請求項 25 から 31 のいずれか 1 項に記載の無線装置。

【図1】

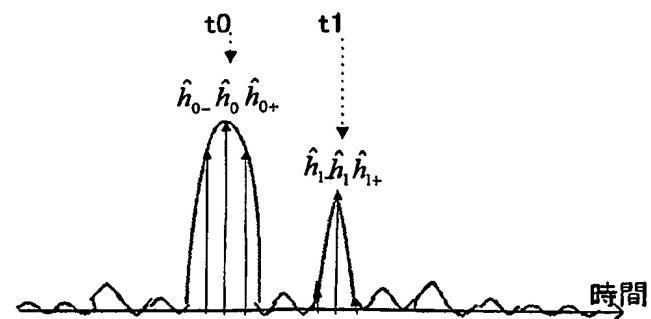


[図5]

マルチパスタイミング

a) ディレイプロファイル($N_{ca}=1$)

マルチパスタイミング

b) ディレイプロファイル($N_{ca}=3$)

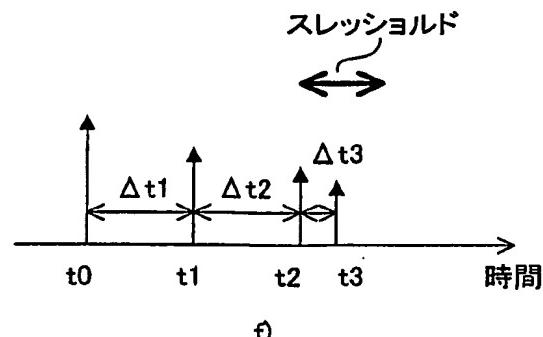
$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_{N_{ca}=1} = \begin{bmatrix} h_0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & h_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & h_0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & h_0 \\ h_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & h_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & h_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & h_1 \end{bmatrix} \quad \Delta n = (t_1 - t_0) / T_{tap}$$

c) 伝送路行列($N_{ca}=1$)

$$\mathbf{H}_{N_{ca}=3} = \begin{bmatrix} h_0 & h_{0-} & 0 & 0 \\ h_{0+} & h_0 & h_{0-} & 0 \\ 0 & h_{0+} & h_0 & h_{0-} \\ h_{1-} & 0 & h_{0+} & h_0 \\ h_1 & h_{1-} & 0 & h_{0+} \\ h_{1+} & h_1 & h_{1-} & 0 \\ 0 & h_{1+} & h_1 & h_{1-} \\ 0 & 0 & h_{1+} & h_1 \end{bmatrix} \quad \Delta n$$

d) 伝送路行列($N_{ca}=3$)

$$\mathbf{H}_{N_{ca}=5} = \begin{bmatrix} h_0 & h_{0-} & h_{0-2} & 0 \\ h_{0+} & h_0 & h_{0-} & h_{0-2} \\ h_{0+2} & h_{0+} & h_0 & h_{0-} \\ h_{1-} & h_{0+2} & h_{0+} & h_0 \\ h_1 & h_{1-} & h_{0+2} & h_{0+} \\ h_{1+} & h_1 & h_{1-} & h_{0+2} \\ h_{1+2} & h_{1+} & h_1 & h_{1-} \\ 0 & h_{1+2} & h_{1+} & h_1 \end{bmatrix} \quad \Delta n$$

e) 伝送路行列($N_{ca}=5$)

f)

$$\mathbf{W} = (\hat{\mathbf{H}}^H \hat{\mathbf{H}} + \sigma^2 \mathbf{I})^{-1} \hat{\mathbf{H}}^H$$